

PENGARUH SUHU *INJECTION MOULDING* TERHADAP MINIMALISASI *SINK MARKS* PADA MATERIAL LIMBAH PLASTIK *ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE* (ABS)**Dergo Nurhadi*, Helmy Purwanto dan Muhammad Dzulfikar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22, Semarang 51585, Indonesia

*Email: dergo94@gmail.com**Abstrak**

Plastik merupakan bahan yang terbentuk dari produk polimerisasi sintetik. *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) merupakan salah satu jenis plastik. ABS dapat dicetak dengan berbagai proses yaitu cetak injeksi, cetak kompresi, ekstrusi, roto moulding, dan thermoforming. Proses *injection moulding* merupakan teknik yang sering digunakan dalam pembentukan produk berbahan plastik. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dan menganalisis pengaruh temperatur injeksi terhadap cacat *sink marks* dengan pengujian densitas, uji tarik dan uji struktur makro. Proses *injection moulding* dilakukan dengan variasi pemanasan menggunakan heater pada temperatur 180°C, 200°C, 220°C, 240°C dan 260°C kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan standar ASTM D638 dengan tekanan konstan injeksi 0,68 N/mm². *Sink marks* adalah cacat produk berupa penyusutan. Faktor yang mempengaruhi *sink marks* adalah tekanan, suhu, waktu, dan pendinginan. Hasil pembahasan penelitian ini ada pengaruh suhu *injection moulding* untuk memperoleh minimum *sink marks* pada uji densitas, uji tarik dan foto makro.

Kata kunci : *acrylonitrile butadiene styrene, Injection moulding, sink marks*

PENDAHULUAN

Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Berdasarkan ketahanan plastik terhadap perubahan suhu, maka plastik dibagi menjadi dua yaitu termoplastik dan *thermoset*. *Thermoplastic* adalah jenis plastik yang meleleh pada temperatur tertentu, melekat mengikuti perubahan temperatur, dapat kembali ke bentuk semula atau mengeras bila dinginkan (*reversible*). Contohnya adalah *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), *polyethylene terephthalate* (PET), *poliviniklorida* (PVC), *polistirena* (PS). Sedangkan *thermoset* adalah jenis plastik ini tidak dapat mengikuti perubahan suhu (tidak *reversible*) sehingga bila pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali (Saifuddin, 2005).

Untuk mengatasi permasalahan limbah plastik dilakukan pemanfaatan produk *NG* (*not good*) atau gagal (*reject*) menjadi bahan baku kembali. (Tiwan, 2008) melakukan penelitian tentang sifat mekanik bahan plastik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) daur ulang. Pada penelitian tersebut dapat dijelaskan bahwa campuran bahan ABS daur ulang dari 10% sampai 50% berpengaruh terhadap tampilan, nilai kekuatan tarik, nilai regangan, nilai modulus elastisitas, nilai kekuatan impaknya dan nilai kekerasannya. Penambahan campuran

bahan tersebut masih dapat diproduksi kembali dari bahan ABS daur ulang.

Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) merupakan salah satu jenis plastik yang terbentuk dari 3 jenis monomer yaitu Acrylonitrile, Butadiene, dan Styrene. ABS memiliki sifat stabil ketika terkena panas, tahan terhadap bahan kimia, tahan pukul, liat, kaku, dan mudah dibuat berbagai bentuk. Selain itu material plastik ABS dapat dicetak dengan berbagai proses yaitu cetak injeksi, cetak tiup, cetak kompresi, ekstrusi, roto moulding, dan thermoforming (Mujiarto, 2015)

Akan tetapi ABS memiliki kelemahan yaitu cukup mudah tergores, ketahanan terhadap pelarut rendah, *processability* dan sensitivitas tarikan kurang, serta harganya mahal. Kegunaan plastik ABS dapat diaplikasikan pada bidang otomotif, elektronik, *cover* mesin dan lain-lain. Selain aplikasi yang luas untuk keperluan mekanika dan teknik, ABS juga mulai digunakan untuk aplikasi elektronik karena beberapa jenis ABS mempunyai ciri khas tahan api (*flame retardant*), dan memiliki karakteristik elektrik yang baik, tidak berubah pada bentang frekuensi yang luas.

Proses injection moulding adalah salah satu metode pembentukan suatu benda atau produk dari material plastik dengan ukuran dan bentuk tertentu menggunakan alat bantu berupa cetakan atau *mould* yang diberikan tekanan dan

perlakuan panas. *Injection moulding* merupakan salah satu metode yang banyak digunakan karena biaya yang dibutuhkan lebih murah dan dapat memproduksi komponen yang kecil dan rumit (Ajis, 2010).

Metode dasar pembentukan plastik *injection moulding* bertujuan untuk mendapatkan produk yang sesuai dengan sifat – sifat fisik yang diinginkan baik dari sisi luas penampang, ketebalan, desain produk, *insert* yang panjang, dan toleransi dari sebuah produk yang harus dipenuhi. Material plastik yang digunakan juga merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam pembuatan sebuah produk plastik (Budiyantoro, 2016).

Mesin *injection moulding* ada dua sumber energi yang menjadi penggerak untuk menjalankan sebuah mesin *Injection moulding* ini yaitu: sumber udara bertekanan yang berfungsi untuk menekan piston atau *plunyer*, dan sumber listrik bolak-balik sebagai sumber tenaga untuk bagian pemanas atau *heating elements* (Firdaus dan Soejono, 2002).

Pengaruh suhu dalam proses *injection moulding* pada plastik material *High Density Polyethylene* (HDPE) sangat berperan, karena menyangkut proses plastifikasi dan homogenisasi material (Asror dan Torno, 2003). Proses plastifikasi dan homogenisasi adalah sebuah proses yang berpengaruh pada aliran lelehan plastik (pasta) *melt flow rate* (MFR) di dalam silinder unit injeksi, yang dipanaskan oleh *heater* dengan mengatur temperatur yang ditentukan di variasi, sehingga pada penginjeksian menemukan parameter temperatur yang sesuai. Parameter untuk pemrosesan menggunakan tiga tahapan pada material limbah ABS mengacu pada standart ASTM D638, foto struktur makro.

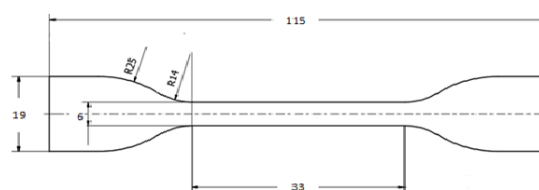
Shrinkage merupakan salah satu cacat yang sering kali didapatkan pada produk plastik. *Shrinkage* akan timbul apabila terjadi perubahan densitas dari temperatur proses ke temperatur ruangan, cacat *shrinkage* tidak bisa dihilangkan tetapi dapat dihilangkan atau dikurangi persentasenya dalam sebuah produk. Material plastik dari bahan semi kristal akan lebih besar nilai *shrinkage* dibandingkan dengan bahan *amorphous* (Firdaus dan Soejono, 2002).

Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui dan menganalisis pengaruh temperatur injeksi terhadap cacat *sink marks* dengan pengujian densitas, uji tarik dan uji struktur makro.

METODE PENELITIAN

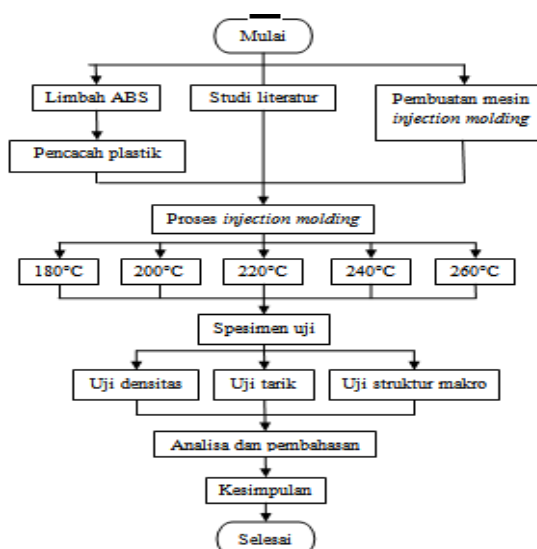
Penelitian ini dilakukan di laboratorium Proses produksi dan laboratorium Material Fakultas Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang, langkah awal penelitian yang dilakukan adalah mengumpulkan limbah plastik ABS kemudian di cacah dengan menggunakan mesin *shredder* setelah itu dilakukan proses *injection moulding* hingga menghasilkan spesimen uji.

Dalam penelitian ini standar yang digunakan untuk spesimen uji tarik adalah ASTM D638, Gambar 1 memperlihatkan dimensi standar ASTM D638.



Gambar 1. Dimensi standar ASTM D638

Adapun tahapan dalam penelitian ini dijelaskan pada gambar diagram alir penelitian seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Pertama-tama yang dilakukan adalah mengumpulkan referensi dari penelitian terdahulu dibarengi dengan pembuatan mesin *injection moulding* dan pengumpulan limbah plastik ABS, setelah itu limbah dicacah menggunakan mesin *shredder* hasil cacahan langsung diproses ke mesin *injection moulding* menggunakan variasi temperatur sebesar 180°C, 200°C, 220°C 240°C dan 260°C dengan tekanan injeksi sebesar 0,68 N/mm². Apabila sudah

diperoleh spesimen kemudian dilakukan pengujian densitas, uji tarik dan uji struktur makro setelah itu masuk ke tahap pembahasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses *injection moulding* dengan menggunakan cetakan sesuai standar uji tarik ASTM D638 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Spesimen 180°C, 200°C, 220°C, 240°C, dan 260°C.

Pengujian yang pertama kali dilakukan adalah uji densitas, hasil pengujian densitas berikut adalah data yang diperoleh seperti ditunjukkan tabel 1

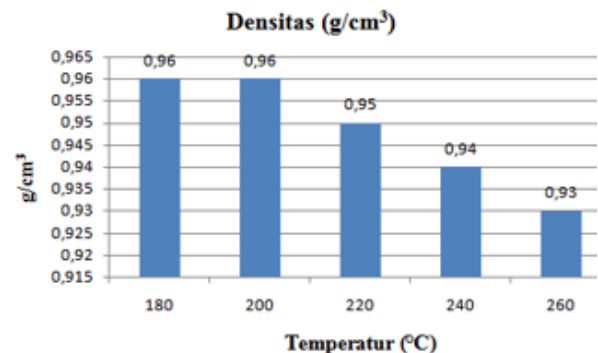
Tabel 1. Data hasil uji densitas

Temperatur (°C)	Massa (g)	Densitas (g/mm³)			Rata-rata (g/cm³)
		Volum (cm³)	Densitas (g/cm³)		
180	I 2,16	2,17968	0,990971152		0,96
	II 2,17	2,304344	0,941699677		
	III 2,17	2,282941	0,950528288		
200	I 2,05	2,086656	0,982433137		0,96
	II 2	2,126024	0,940723153		
	III 2	2,120664	0,943100840		
220	I 1,98	2,260488	0,875917059		0,95
	II 1,99	1,92337	1,034642321		
	III 1,8	1,88708	0,953854633		
240	I 1,7	1,895174	0,897015261		0,94
	II 1,79	1,942821	0,921340669		
	III 1,89	1,90608	0,991563838		
260	I 1,79	2,082795	0,859422075		0,93
	II 1,77	1,875072	0,943963752		
	III 1,8	1,8411	0,977676389		

Dari hasil pengujian densitas diperoleh hasil sebagai berikut: pada temperatur 180°C adalah 0,96 g/cm³. Kemudian pada temperatur 200°C meningkat menjadi 0,96 g/cm³ dan pada temperatur 220°C kembali meningkat menjadi 0,95 g/cm³. Pada temperatur 240°C menjadi 0,94 g/cm³ dan terakhir pada temperatur 260°C kembali meningkat menjadi 0,93 g/cm³.

Pada gambar 4 temperatur tinggi densitas menjadi rendah dan pada temperatur terendah densitasnya menjadi tinggi, hal ini disebabkan

karena pada saat temperatur rendah spesimen tidak mengalami *sink marks* dan seiring bertambahnya temperatur karena pada material limbah plastik ABS pada temperatur rendah (180°C-200°C) material tidak mencair merata sehingga cacat *sink marks* tidak ditemukan, akan tetapi permukaan spesimen kasar belum meleleh sempurna dan temperatur yang terlalu tinggi mengakibatkan penyusutan sehingga menyebabkan adanya cacat *sink marks*.



Gambar 4. Grafik hasil uji densitas

Pemilihan temperatur yang tepat dilakukan untuk mengurangi cacat *sink marks*, untuk material limbah ABS adalah 220°C. Cacat *sink marks* mempengaruhi uji densitas, karena spesimen dengan temperatur tinggi massa spesimen menjadi rendah ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Cacat *sink marks*

Pengujian selanjutnya adalah uji tarik, berikut adalah data hasil uji tarik. seperti ditunjukkan tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Yield stress uji Tarik

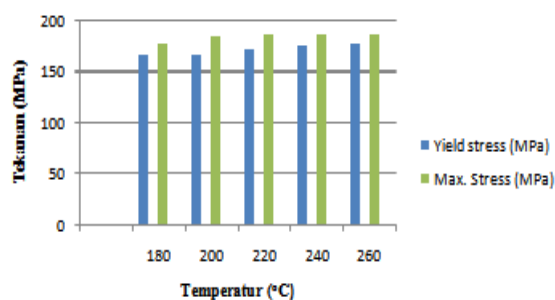
Temp (°C)	Yield stress (Kg/mm²)			Rata-rata (MPa)
	I	II	III	
180	-	164,060	166,100	165
200	164,926	166,784	170,168	167
220	169,549	172,590	172,154	171
240	175,190	173,148	175,373	175
260	176,853	176,379	175,742	176

Tabel 3. *Maximum stress* uji tarik

Temp (oC)	Max. stress (Kgf/mm ²)			Rata-rata (MPa)
	I	II	III	
180	-	174,250	177,760	176
200	182,847	183,643	182,269	183
220	186,547	186,489	183,937	186
240	189,771	182,660	185,502	186
260	186,152	191,788	180,950	186

Yield stress pada temperatur 180°C adalah 165 Mpa kemudian pada temperatur 200°C meningkat menjadi 167 Mpa dan pada temperatur 220°C meningkat kembali menjadi 171 Mpa kemudian pada temperatur 240°C terus meningkat menjadi 175 Mpa dan pada temperatur 260°C meningkat yaitu 176 Mpa.

Maximum stress pada temperatur 180°C adalah 176 Mpa kemudian pada temperatur 200°C menurun menjadi 183 Mpa dan pada temperatur 220°C masih stabil 186 Mpa kemudian pada temperatur 240°C masih stabil menjadi 186 Mpa dan pada temperatur 260°C stabil yaitu 186 Mpa.

Gambar 6. Grafik *Yield stress* dan *max. stress*

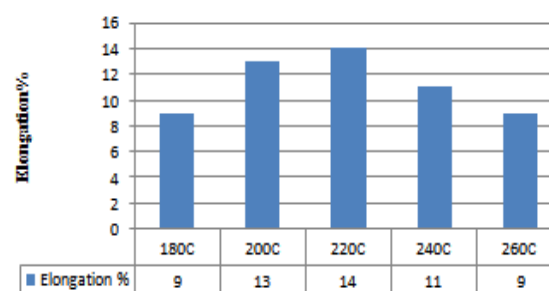
Pada gambar 6 dapat dilihat semakin temperatur tinggi akan mempengaruhi *Yield stress* dan *max stress*. Penelitian ini sama halnya, yang dilaporkan oleh Asror (2003) perubahan temperatur pada proses *injection moulding* terhadap material plastik daur ulang berpengaruh signifikan dengan hasil regangan produk tersebut. Hal ini terjadi karena proses pemanasan terus - menerus dan cenderung getas (*brittle*).

Pengujian *elongation* uji tarik dapat dilihat data yang diperoleh seperti ditunjukkan tabel 4.

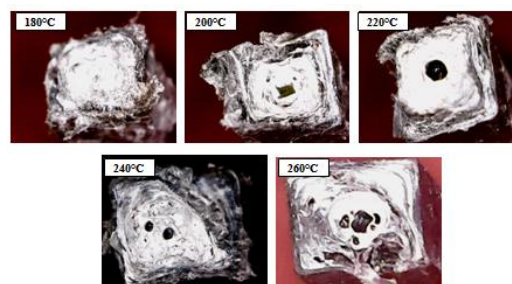
Tabel 4. *Elongation* uji tarik

Temp (oC)	Elongation (Kgf/mm ²)			Rata-rata %
	I	II	III	
180	-	8,674	9,015	9
200	13,447	12,424	11,742	13
220	15,000	13,258	13,485	14
240	12,424	13,333	9,242	11
260	8,409	10,758	7,614	9

Rata-rata regangan pada 180°C adalah 9% kemudian pada temperatur 200°C meningkat menjadi 13% dan pada temperatur 220°C terus meningkat kembali menjadi 14%, akan tetapi pada temperatur, regangan pada temperatur 240°C menurun menjadi 11% pada temperatur 260°C sedikit menurun menjadi 9%. Grafik rata-rata regangan elongation ditunjukkan pada gambar 7.

Gambar 7. Grafik *Elongation*

Rata-rata hasil regangan menunjukkan persentase peningkatan di setiap pertambahan temperatur, akan tetapi pada temperatur 240°C menunjukkan regangan menurun hingga temperatur 260°C, hal ini disebabkan karena pada temperatur yang terlalu tinggi mengakibatkan spesimen uji hasil *injection moulding* mengalami pengkristalan sehingga spesimen menjadi getas.



Gambar 8. Foto makro patahan uji tarik

Pengujian yang terakhir adalah uji foto makro, berikut adalah hasil foto makro dari temperatur 180°C, 200°C, 220°C, 240°C dan 260°C. Ditunjukkan pada gambar 8. Secara umum rata-rata hasil foto makro patah uji tarik pada proses *injection moulding* dengan temperatur 180°C, 200°C, 220°C, 240°C, dan 260°C pada temperatur 180°C mengalami patahan serabut, mulai temperatur 200°C, 220°C, 240°C, dan 260°C mempunyai patahan getas dan berlubang dibagian tengahnya, hal ini terjadi karena bahan yang terbuat dari limbah plastik ABS mengalami material limbah plastik ABS masih belum meleleh merata, sehingga masih banyak ditemukan permukaan berwarna putih. Adapun titik pusat patahan tidak terjadi di tengah, melainkan agak ke ujung. Pada gambar IV.18 menunjukkan patahan getas terjadi didaerah tengah spesimen, tetapi pada pusat titik tengah menunjukkan adanya lubang yang cukup besar disebabkan temperatur terlalu tinggi material lebih mencair daripada temperatur rendah sehingga pada saat material diinjeksi udara masuk pada bagian tengah spesimen dan menyebabkan cacat berlubang di tengah spesimen.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis pengaruh temperatur daur ulang terhadap sifat mekanis bahan plastik limbah *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pada pengujian densitas temperatur tinggi densitas spesimen menjadi tinggi dan pada temperatur terendah densitasnya menjadi rendah, hal ini disebabkan karena pada saat temperatur rendah spesimen tidak mengalami *sink marks* dan seiring bertambahnya temperatur maka semakin sering ditemukan *sink marks*.
2. Secara umum rata-rata *yield stress* dan *Maximum stress* meningkat dengan semakin tingginya temperatur *injection moulding*. Tingginya temperatur menyebabkan spesimen menjadi getas dan cacat. Hasil temperatur yang tepat pada mesin *injection moulding* Unwahas bahan material limbah plastik ABS adalah temperatur 220°C.
3. Hasil foto makro memiliki cacat rongga pada tengah spesimen berlubang di

bagian tengahnya, hal ini terjadi karena bahan yang terbuat dari limbah plastik ABS mengalami pencacahan yang kurang halus sehingga pada saat mesin injeksi di tekan masih ada udara yang terjebak disela-sela bahan sehingga menghasilkan rongga, akan tetapi seiring bertambahnya temperatur injeksi lubang tersebut akan semakin menyusut. Pada temperatur 180°C bahan limbah plastik ABS tidak dapat mencair dengan sempurna dan pada temperatur 260°C baru bisa mencair dengan sempurna.

SARAN

Adapun saran-saran yang membangun untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan ada uji *Melt Flow Index* (MFI) berpengaruh terhadap sifat mekanis yaitu pada ketahanan benturan dan kekerasan suatu produk.
2. Perlunya alat injeksi dengan membuat tekanan pada mesin *injection moulding* menggunakan pneumatika atau hidrolik sehingga tekanan lebih terukur secara akurat dan yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajis. 2010. Proses pembuatan produk plastik dengan system injection molding. <http://ajisandfriends.blogspot.co.id>. Diakses pada 22 Februari 2019, Pukul 20.00 WIB.
- Asror, M. F., dan Torno, H. S. S. 203. Pengaruh suhu proses dan tekanan injection moulding terhadap kekuatan benturan dan kekerasan pada material High density polyethylene. Jurnal Prosiding symposium nasional polimer IV Sentra Teknologi Polimer (STP)-BPPT, 188-192.
- ASTM D 638 – 14 Standart Test Method for Tensile Properties of Plastics. Philadelphia, PA : American Society for Testing Materials.
- Budiyanoro, C. 2016. Teknologi Plastik. Perkuliahan Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. Traksi. Vol. 3. No. 2, Desember 2005.
- Saifuddin. (2005). Pembuatan Gelas dengan Bahan Polypropylene Menggunakan Cetakan Plastik. Jurnal Polimesin Volume 16, Nomor 2, Agustus 2018.
- Firdaus dan Soejono T., (2002). Studi Eksperimental Pengaruh Parameter Proses Pencetakan Bahan Plastik Terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) Pada Benda Cetak Pnuematics Holder. Jurnal Teknik Mesin, 4(2): 75-85.